



(19) Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) EP 0 822 271 A2

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
04.02.1998 Patentblatt 1998/06

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: C25B 1/28, C02F 1/78,  
C02F 1/461

(21) Anmeldenummer: 97113169.3

(22) Anmeldetag: 31.07.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC  
NL PT SE

(30) Priorität: 01.08.1996 DE 29613308 U

(71) Anmelder:  
Fischer Labor- und Verfahrenstechnik GmbH  
53340 Meckenheim (DE)

(72) Erfinder:  
Fischer, W. Günther, Dipl.-Ing.  
53340 Meckenheim (DE)

(74) Vertreter:  
Koch, Theodor, Dipl.-Phys.  
Postfach 19 01 26  
53037 Bonn (DE)

(54) **Elektrolysezelle, insbesondere zur Erzeugung von Ozon für die Abwasserbehandlung sowie dessen Verwendung**

(57) Die Erfindung betrifft eine Elektrolysezelle, welche insbesondere als Tauchzelle zur Aufarbeitung von oxidierbaren Substanzen in Brauch- und Abwasser dient. Zur Einstellung des Flächendruckes der Anode- und Kathode (5,9) auf eine den Kathoden- vom Anodenraum (5';9') trennende Feststoffelektrolytmembran (8) ist eine von außerhalb des Zellgehäuses (1,14) betätigbare Anpreßvorrichtung (10,13) für die Elektroden (5,9) vorgesehen, wobei eine Elektrode (9) auf einer Elektrodenandruckplatte (10) gelagert ist, welche flächig mit der entsprechend der Gegenelektrode (5) planar ausgerichteten Feststoffelektrolytmembran (8) in Kontakt bringbar und auf diese andrückbar ist. Ein durch die Zellgehäusewandung (24) geführter, deren kathodisches elektrisches Potential aufweisender, verstellbarer Andruckbolzen (13) ist dabei mit seinem Endabschnitt (28) auf ein Zentrier- und Andruckdager (30) der Elektrodenandruckplatte (10) geführt und gegenüber dieser elektrisch isoliert. Die elektrische Kontaktierung der Anode (9) erfolgt über eine nach außen und gegenüber dem Zellgehäuse (1,14) elektrisch isolierte, die verstellbare Elektrodenandruckplatte (10) kontaktierende Stromzuführung (18). Der Kathodenraum wird dabei durch eine Speisewasserversorgung derart separat beaufschlagt, daß eine Elektrolyse sich nur an den Elektroden ausbildet.

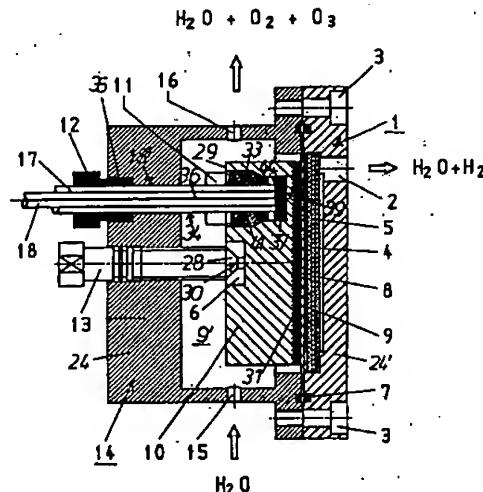


FIG.1

### Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Elektrolysezelle nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie auf deren Verwendung.

Elektrolysezellen, deren Ionenaustauschermembran mit aus einem porösen Material bestehenden oder damit beschichteten Elektroden versehen sind, erlauben einen Zellenbetrieb bei hohen Stromdichten und damit mit hohen Umsätzen. Die Ionenaustauschermembran übernimmt dabei als Feststoffelektrolytmembran gleichzeitig die Funktion des Separators von Anoden- und Kathodenraum und des Elektrolyten. Zellen dieser Bauweise sind seit längerer Zeit bekannt, wobei hydratisierte, perfluorierte Kationenaustauschermembrane verwendet werden, welche eine elektrochemische Stabilität gegenüber der reduzierenden bzw. oxidierenden Wirkung der Elektroden aufweisen (Stücki: "Reaktion- und Prozesstechnik der Membran-Wasserelektrolyse", Dechema Monographien Verlag Chemie 94 (1983) 211).

Der Betrieb solcher Zellen ist grundsätzlich in Medien mit geringem Leitwert, wie z.B. chemisch reinem Wasser, möglich. Die elektrochemischen Reaktionen an den Elektroden führen beim Betrieb in Reinstwasser zu Wasserstoff und Sauerstoff; bei Verwendung besonderer Anodenmaterialien kann dabei auch an Stelle von reinem Sauerstoff ein Gemisch von Sauerstoff und Ozon entstehen.

Elektrolysezellen dieser Art sind gemäß der DE 42 27 732 C2 bekannt. Sie erfordern ein Anpressen der Porösen, planaren Anode und Kathode auf die Oberflächen der Feststoffelektrolytmembran. Der Anpreßdruck der Elektroden auf die Membran ist dabei ein wichtiger Parameter für einen optimalen Zellenbetrieb. So sind die Zellspannung und die Stromausbeute vom Anpreßdruck abhängig. Der Anpreßdruck muß dabei zur Erreichung einer über der gesamten Elektrodenfläche gegebenen gleichmäßigen Stromverteilung möglichst über diese homogen sein, so daß sich dort ein gleichmäßiger Flächendruck ausbildet. Dies ist insbesondere bei großflächigen Elektroden problematisch.

Gemäß der DE 42 27 732 C2 ist dabei eine insbesondere zur Erzeugung von Ozon geeignete Elektrolysezelle bekannt, bei der zur Optimierung der Zellparameter und zur Erreichung eines optimalen Zellenbetriebs der Anpreßdruck der Elektroden auf die Feststoffelektrolytmembran, bezogen auf deren Fläche, unabhängig vom Dichtdruck der Dichtflächen der Zellgehäuseteile homogen einstellbar ist, während früher die Einstellung des Flächendruckes der Elektroden auf die Feststoffelektrolytmembran durch äußere Anpreßvorrichtungen in Form von die Gehäuseschalen der Elektrolysezellen verbindenden Schrauben oder Zugstangen gleichzeitig nur mit der Einstellung des Dichtdruckes der Dichtflächen der Zellgehäuseteile erfolgen konnte.

Durch die Führung der verwendeten Kathode oder

Anode in der Elektrolysezelle auf einer Elektrodenandruckplatte, welche unter zentrischer Lagerung mittels einer durch die Zellgehäusewandung geführten äußeren Stelleinrichtung in einer Parallelen Ebene zur Außenfläche der Feststoffelektrolytmembran verstellbar ist und zusammen mit Teilen der Stelleinrichtung eine Anpreßvorrichtung bildet, wird dabei erreicht, daß bei einer Veränderung des Anpreßdruckes der beiden Elektroden der Elektrolysezelle gegenüber der Feststoffelektrolytmembran der Flächendruck über die gesamten Kontaktfläche zwischen Feststoffelektrolytmembran und den Elektroden weiterhin homogen bleibt. In der Stelleinrichtung wird dabei ein Andruckbolzen verwendet, welcher genau auf die Mitte der Rückseite der Elektrodenandruckplatte in ein dortiges Zentrier- und Andruckdager einwirkt und eine Übertragung der wirkenden äußeren Anpreßkraft als zwischen den Elektroden und der Feststoffelektrolytmembran wirksam werdenden Flächendruck erlaubt. Da die Elektroden und die Feststoffelektrolytmembran im allgemeinen schon in parallelen Ebenen zueinander ausgerichtet sind, ist dabei ein Eingriff des Andruckbolzens an der Rückseite der Elektrodenandruckplatte im allgemeinen nur in Form eines Zentrier- und Andruckdagers notwendig, wobei in einfachster Weise dies auf der Rückseite der Elektrodenandruckplatte als konus- oder halbkugelförmige Materialausnehmung angelegt sein kann, in welche die entsprechend dieser Öffnung abgemessene Zentrierspitze des in einem kegelförmigen Endabschnitt auslaufenden Andruckbolzens derart eingreift, daß die Elektrodenandruckplatte gegenüber dem Andruckbolzen zentriert und bei einer Längsverschiebung des Andruckbolzens von diesem in einer parallelen Ebene verstellbar ist.

Die Einstellung des Dichtdruckes an den Stirnflächen der Zellgehäuseschalen erfolgt dabei durch einen am äußeren umlaufenden Flansch der Gehäusewandungen der Elektrolysezelle angelegten und in dortige Gewindebohrungen oder äußere Feststellschrauben festlegbaren Kranz von Zugschrauben. Bei einer Lagerung des Randes der Feststoffelektrolytmembran zwischen diesen miteinander zu verschraubenden Stirnflächen wird dabei gleichzeitig neben einer Abdichtung und Verbindung der Zellgehäuseschalen eine umlaufende dichte Einklemmung der Feststoffelektrolytmembran zwischen den Dichtflächen der Zellgehäuseschalen erreicht, so daß eine gastechnische Trennung von Kathoden- und Anodenraum durch die Feststoffelektrolytmembran sicher gewährleistet ist.

Die Einstellung des Dichtdruckes der Zellgehäuseschalen erfolgt dabei unabhängig von der Betätigung der seitlich die Elektroden flächig erfassenden Anpreßeinrichtung.

Über die Elektrodenandruckplatte erfolgt dabei die elektrische Kontaktierung der dort angeordneten Elektrode. Ferner erfolgt die elektrische Kontaktierung durch den nach außen durch die Zellgehäusewandung geführten Andruckbolzen, wobei diese Teile aus elek-

trisch leitfähigem Werkstoff gebildet sind und im Fall eines ein unterschiedliches, kathodisches Potential besitzenden Zellgehäuses gegenüber diesem durch einen das Lager des Andruckbolzens außen umgebenden Isolationskörper elektrisch isoliert sind.

Die Lagerung der Elektrode, welche der an der Elektrodenandruckplatte angelegten Elektrode gegenüberliegt, erfolgt dabei starr auf einem flächigen Lagerabschnitt der Innenwandung des Zellgehäuses oder auf einem Elektrodenandruckstempel mit einem flächigen Lagerabschnitt, welcher parallel zur Ebene der Feststoffelektrolytmembran ausgerichtet ist.

Es ist dabei bekannt, das Zentrier- und Andrucklager zwischen Andruckbolzen und der Mitte der Elektrodenandruckplatte gleichzeitig als Schwenklager auszubilden, welches eine Verkipfung der Elektrodenandruckplatte quer zur Rotations- und Verstellachse des Andruckbolzens erlaubt. Dabei ist an der Rückseite der Elektrodenandruckplatte als Eingriffsöffnung eine zentral angelegte, konusförmige oder halbkugelförmige Materialausnehmung vorgesehen, in welcher das Ende des Andruckbolzens mit einem kegelförmig nach vorne zulaufenden Endabschnitt eingreift, wobei die Neigungswinkel dieser kegelförmig geneigten Mantelfläche des Bolzenabschnittes gemessen gegenüber dessen Mittellängsachse kleiner als der halbe Öffnungswinkel der konus- oder halbkugelförmigen Materialausnehmung ist. Da sich insofern ein Spiel zwischen dem Endabschnitt des Andruckbolzens und der konus- oder halbkugelförmigen Materialausnehmung in der Elektrodenandruckplatte ergibt, kann diese quer zur Rotations- und Verstellachse des Andruckbolzens verkippt werden.

Die Lagerung und Führung des längsverschiebblichen Andruckbolzens der Elektrodenandruckplatte erfolgt dabei entweder über ein unmittelbar in der Zellgehäusewandung angelegtes Führungslager mit Innen gewinde für den als Andruckschraube ausgebildeten Andruckbolzen oder dabei über eine in der Gehäusewandung aufgenommene Führungsbuchse, in welcher der Andruckbolzen längsverschieblich gelagert ist, wobei ein Gewindegang zwischen Führungsbuchse und einer dort aufschraubbaren Überwurfmutter vorgesehen ist, welche mit dem Endabschnitt des Andruckbolzens verbunden ist und somit durch Drehung ein Einschrauben oder Herausschrauben des Andruckbolzens und damit dessen Längsverstellung erlaubt.

Nachteilig ist die Elektrolysezelle gemäß der DE 42 27 732 C2 insofern, als diese zur Erzeugung von  $O_2$  und  $O_3$  nur in Medien mit geringem elektrischen Leitwert betrieben werden kann. Dies da die Zelle auf ihrer Außenseite zwei entgegengesetzte elektrische Anschlußpole für die Kathode und Anode aufweist, wobei in einem Medium mit geringen elektrischen Leitwert es insofern zu einer Elektrolyse kommen kann. Freiliegende äußere Anschlußpole ergeben sich dabei insofern, als der durch die Zellgehäusewandung geführte Andruckbolzen der Elektrodenandruckplatte

gleichzeitig als Stromzuführung für die an dieser befestigte Elektrode dient und dabei in seinem äußeren Abschnitt als elektrischer Pol außerhalb des Zellgehäuses freiliegt. Das Zellgehäuse selbst oder zumindest der Anschluß der Elektrodenandruckplatte der das entgegengesetzte Potential führenden Elektrode, welcher ebenfalls nach außerhalb des Zellgehäuses geführt ist, bildet dabei ebenfalls ein außen auf die Zellgehäusewandung freiliegenden Anschlußpol, welcher insofern ein entgegengesetztes elektrisches Potential aufweist, so daß die Elektrolysezelle auf keinen Fall als Eintauchzelle in einer äußeren Flüssigkeit mit höherem Leitwert betrieben werden darf.

Sofern eine äußere Flüssigkeit mit einem elektrischen Leitwert von größer 20  $\mu S/cm$  gegeben ist, kommt es dabei durch die zusätzliche äußere Elektrolyse zur Ablagerung von Ca-, Na- und anderen Verbindungen am Zellgehäuse und deren Spannungspole, wobei die Funktionsfähigkeit negativ beeinflußt wird und sich elektrische Verluste und eine geringere Ozon-Ausbeute ergibt.

Derartige Zellen werden dabei nicht als Tauchzellen verwendet und nur zur Ozonisierung von chemisch reinem Wasser betrieben, wie es im Pharma- und Kosmetikbereich verwendet wird. Dieses Wasser mit äußerst geringem elektrischen Leitwert wird dabei insbesondere in dem Anodenraum ständig eingespeist, wobei sich an den Elektroden Wasserstoff und Sauerstoff, bei Wahl einer geeigneten Aktivierung der Anode Ozon entwickelt, wobei diese Gase sich im Wasser getrennt im Anoden- und Kathodenraum lösen. Das Wasser stellt dabei das zu ozonisierende Medium dar, wobei sich insofern die Elektrodeneinheit aus Anode, Feststoffelektrolytmembran und Kathode ständig im zu ozonisierenden Medium befindet.

Ein weiterer Nachteil von Elektrolysezellen gemäß der DE 42 27 732 C2, bei denen die Kathoden- und Anodenanschlußpole sich außerhalb des Zellgehäuses frei befinden und somit die Zelle ohne zusätzliche äußere wasserdichte Schutzbüschelung innerhalb einer zu ozonisierenden Flüssigkeit nicht betrieben werden kann, besteht darin, daß zwischen dem Ort, wo die Elektrolyse zur Herstellung von Ozon zu betreiben ist, und dem Ort der Ozoneinleitung längere Wege gegeben sind, wobei auch bei kürzeren Strecken durch Lekkagen Ozon auf dem Weg zur Einleitung austreten kann. Die Ozoneinleitung verringert sich dabei, wobei zusätzlich die Ozonkonzentration in der Luft am Aufstellort der Elektrolysezelle, also im Labor oder der Fabrik, zu überwachen und auf die Einhaltung von Vorschriften für die Arbeitsplatzüberwachung zu achten ist.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher in der Schaffung einer insbesondere zur Ozonherstellung geeigneten Elektrolysezelle gemäß der DE 42 27 732 C2, welche eine Einstellung des Anpreßdruckes der Elektroden auf die Feststoffelektrolytmembran und damit der davon abhängigen Zellparameter weiterhin unabhängig von der Einstellung des Dichtdruckes

der Dichtflächen der Zellgehäuseteile erlaubt, wobei ferner aber die Elektrolysezelle auch als Eintauchzelle ohne zusätzliche Abkapselung unmittelbar in dem zu ozonisierenden Medium betreibbar ist und dabei auch solche Medien ozonisierbar sind, welche kein reines Wasser darstellen, also einen Leitwert größer als 20  $\mu\text{S}/\text{cm}$  aufweisen, wie Brauch- und Abwasser und andere gewerblich oder industriell anfallende Flüssigkeiten.

Insofern soll insbesondere die Ozoneinleitung verbessert und die Ozonausbeute der Elektrolysezelle möglichst erhöht werden.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist eine Elektrolysezelle vorgesehen, welche gemäß den Merkmalen des Anspruches 1 ausgebildet ist.

Im Gegensatz zur Elektrolysezelle gemäß dem DE 42 27 732 C2 ist somit der anodische Anschlußpol des Zellgehäuses isoliert in das Innere der Zelle geführt, wobei die Stromzuführung gemäß Anspruch 4 und 9 vorzugsweise über ein gegen oxidierende Flüssigkeiten geschütztes Stromkabel erfolgt, welches durch die Zellgehäusewandung auf der Anodenseite geführt ist und gemäß Anspruch 2 innerhalb der Zelle einen geschützten Anschluß der Anode an der Elektrodenan- druckplatte kontaktiert. Die Stromzuführung erfolgt somit unter Isolation gegen die Zellgehäusewandung und den Außenbereich der Zelle, wobei im Gegensatz zur DE 42 27 732 C2 der elektrische Anschluß der Anode nicht über einen als elektrischen Leiter ausgebildeten oder verwendeten Andruckbolzen für die Elektrodenan- druckplatte erfolgt. Da die Elektrodenan- druckplatte als solche ein anodisches Potential besitzt, da sie Träger der Anode ist, dagegen der Andruckbolzen ein kathodisches Potential besitzt, sofern er gemäß Anspruch 3 wie das Zellgehäuse aus einem elektrisch leitfähigem Werkstoff, z.B. Edelstahl, besteht und dabei mit der Kathode elektrisch verbunden ist, ist dabei bei einem derartigen Zellaufbau der Andruckbolzen gegenüber dem Zentrier- und Andrucklager auf der Rückseite der Elektrodenan- druckplatte elektrisch isoliert gelagert.

Die Ausbildung einer zusätzlichen Elektrolyse innerhalb des Anodenraumes zwischen dem Andruck- bolzen und der Elektrodenan- druckplatte, die unterschiedliches Potential besitzen, wird dabei dadurch vermieden, daß zumindest das Innere des Anodenraumes der Zelle mit vollentsalztem Wasser aufgefüllt und somit eine elektrische Isolierung zwischen den beiden entgegengesetzten elektrischen Spannungspolen innerhalb der Zelle gegeben ist. Da auf der Außenseite der Elektrolysezelle sich keine elektrischen Spannungs- pole mit unterschiedlicher Polarität gegenüberstehen, und dabei an dem Zu- und Abfluß für Zellwasser im Anoden- bzw. Kathodenraum Rohrleitungen ange- bracht sind, welche eine Versorgung und Entsorgung der Zelle mit Zellwasser und überschüssigem Zellwas- ser und sich bildenden Gasen erlauben, ist dabei eine Einbringung der Elektrolysezelle in industrielle und gewerbliche Abwasser, insbesondere Brauch- und

Abwasser mit einem Leitwert von mehr als 20  $\mu\text{S}/\text{cm}$  möglich.

Wie bei der Elektrolysezelle gemäß der DE 42 27 732 C2 muß dabei ein minimaler Wasserdurchfluß durch die Elektrolysezelle von z.B. 10 - 20 l/h gewährleis- tet sein, wobei dies auf speziellen Wege mit vollentsalztem Wasser beispielsweise über eine Osmoseeinheit oder ein Ionenaustauschersystem erfolgt, welches unmittelbar an einer einfachen Trink- wasserleitung anschließbar ist und die Elektrolysezelle somit kontinuierlich mit geringen Mengen entsalztem bzw. entmineralisiertem Wasser versorgt. Dabei reicht eine Menge von 0,1 l/h bei einer Ozonausbeute von 5 g/h aus.

Ein wesentlicher Unterschied zu den bisherigen Elektrolysezellen, insbesondere gemäß der DE 42 27 732 C2 besteht somit darin, daß die Elektrodeneinheit (Anode, Membran, Kathode) nicht im zu ozonisierenden Medium sich befindet, sondern nur mit vollentsalztem Wasser (Zellwasser) zur Produktion des Ozons versorgt wird. Das entstandene Ozon wird erst anschließend an das zu behandelnde Medium, z.B. Brauchwasser, zusammen mit dem überschüssigen Zellwasser abge- geben, wobei bei einem Betrieb der Elektrolysezelle als Tauchzelle in dem zu ozonisierenden Medium der kür- zeste mögliche Weg von der Ozonerzeugung zur Anwendung ermöglicht wird. Dabei können bestehende Tanks oder Becken, welche z.B. zur Wasserbehandlung dienen, ohne weiteren Umbau verwendet werden, ohne daß zusätzliche Pumpen oder Rohrleitungen benutzt werden müssen. Durch die Verwendung der Elektroly- sezelle als Tauchzelle zur Ozonisierung ergibt sich dabei ein sehr hoher Eintragungswirkungsgrad des Ozons im zu behandelnden Abwasser.

Eine externe Kühlung, wie bei konventionellen Ozongeneratoren, ist dabei nicht notwendig.

Es lassen sich dabei Abwasser aus vielen Industrie- und Gewerbebereichen wie z.B. Petrochemie, Maschinenbau, Nahrungsmittel, Pharma, Kosmetik, Textil u.s.w., welche neben absetzbaren, filtrierbaren Substanzen und statisch freiabscheidbaren Olen und Fetten einen großen Anteil an stabilen Emulsionen auf- weisen ohne Zugabe zusätzlicher Chemikalien zur Auf- arbeitung der Emulsionen reinigen. Die Emulsionen werden dabei durch das eingeleitete Ozon oxidiert, wobei die entstehenden Stoffe in üblicherweise abscheidbar sind. Es ist somit nicht mehr die Zuführung von Säuren, Metallsalzen und mineralischen Adsorb- tionsmitteln zur Aufarbeitung der Emulsionen notwen- dig, wobei sich insofern das Abfallvolumen verringert und keine Problemverlagerung vom Abwasser zum Sondermüll einstellt.

Da das Ozon alle oxidierbaren Substanzen oxidiert, führt dies zur einfachen Fällung und Flockung von Was- serinhaltsstoffen, die dann wiederum in der Abscheide- kette der Wasseraufbereitung zurückgehalten werden. Es ist dabei insbesondere der Abbau von Kohlenwas- serstoffen wie Benzin, Öl, Lösungsmittel möglich, wobei

sich bei der Abwasserbehandlung der chemische Sauerstoffbedarf verringert.

Die Ansprüche 5 - 13 betreffen dabei vorteilhafte Ausbildungen der Stromzuleitung in das Innere der Zelle sowie der Stromdurchführung durch die Zellgehäusewandung des Anodenraums sowie der Kontaktierung des elektrischen Leiters des verwendeten Stromkabels gegenüber der Elektrodenandruckplatte. Es ist insofern insbesondere eine wasserdichte Stromdurchführung durch die Zellgehäusewandung sowie eine optimale Kontaktierung und Abdichtung des Endes des verwendeten Stromkabels in einer Sackbohrung der Elektrodenandruckplatte gegeben.

Die Ansprüche 14 und 15 betreffen dabei die Ausbildung des Wasserzu- und -abflusses zum Anodenraum, wobei insbesondere die Anbringung einer Zuleitung für Zellwasser mit einer Rohrverschraubung am Wasserzufluss und die Anbringung eines Anschlusses mit einer entsprechenden Rohrverschraubung am Wasserabfluß für eine das überschüssige, mit Ozon angereicherte Zellwasser im zu reinigenden Abwasser verteilende Kreiselpumpe erfolgt.

Gemäß Anspruch 32 ist der Aufbau der Elektrolysezelle zur Durchführung der Wasserelektrolyse derart vorgesehen, daß Wasser als Reagenz- und Kühlmittel lediglich an der Anodenseite zugeführt wird. Insofern ist ein Wasserdurchfluß im Zellgehäuse lediglich über den Anodenraum vorgesehen, wobei zum Abführen von Reaktionsprodukten aus dem Kathodenraum, in welchem durch die Feststoffelektrolytmembran wandern des Permeatwasser und Wasserstoffionen auftreten, lediglich eine einzige Ausgangsöffnung angelegt ist. Über geeignet geführte Leitungen wird dabei gewährleistet, daß sich der bildende molekulare Wasserstoff nicht mit dem ozonisierten Zellwasser mischen kann.

Anspruch 17 und 18 betreffen dabei Maßnahmen zur Wasserverteilung und zum Abfangen von sich an den Elektrodenkontakte bildenden Gasen, wobei gemäß Anspruch 18 die Anordnung von flächigen Streckmetallnetzen oder -blechen seitlich zur Lagerung und Kontaktierung der Kathode vorgesehen ist.

Insbesondere bei Ausbildung der Kathode gemäß Anspruch 21 aus einem elastischen Elektrodenmaterial, welches aus einem Kohlenstoff-Fasermaterial gemäß den Ansprüchen 22 - 26 gebildet wird, ergibt sich dabei in Verbindung mit der Verwendung mehrerer Streckmetallbleche als zweite Komponente zu dem elastischen Kathodenmaterial eine Elektrodeneinheit, welche gegen herkömmlichen Elektrodeneinheiten eine erheblich höhere Ozonausbeute aufweist. Es wird dabei zur Herstellung etwa der gleichen Ozonmenge lediglich etwa ein Viertel der bisher notwendigen Größe bzw. Anzahl der Elektrodenpaare bzw. Elektrodeneinheiten benötigt.

Die Elektroden können dabei wie in der Elektrolysezelle gemäß der DE 42 27 732 C2 mehrschichtig ausgebildet sein, wobei die Anoden-Elektrode bei Verwendung in einer Wasserelektrolysezelle zur Ozon-

herstellung eine Oxidationskatalysatorbeschichtung oder eine  $\text{PbO}_2$ -Beschichtung auf einer gesinterten Titanschicht aufweist, welche einen dünnen Platinüberzug aufweist (Anspruch 27 - 29).

5 Vorteilhafte Ausbildungen der Feststoffelektrolytmembran ergeben sich dabei aus den Ansprüchen 30 und 31. Insofern wird insbesondere eine optimale Ozonherstellung sichergestellt, wobei in dem Wasserelektrolyse-Prozeß zur Ozonherstellung der Strom in der Feststoffelektrolytmembran durch hydratisierte Protonen transportiert wird ( $\text{H}^+$  ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )). Das Wasser dient dabei sowohl als Reagenz als auch als Kühlmittel auf der Anodenseite. Die Elektrodenreaktionen finden dabei an den Grenzflächen Elektrode/Feststoffelektrolytmembran statt. Die Elektroden können dabei mit einer unbeschichteten perfluorierten Kationenaustauschermembran kontaktiert werden, welche als solche keinen Elektrokatalysator trägt. Bei der Ozonherstellung durch Wasserelektrolyse tritt bei Verwendung einer Kationenaustauschermembran Ozon als Nebenprodukt zur anodischen Sauerstoffentwicklung an Anoden mit hoher Überspannung auf.

20 Es ist dabei möglich, direkt eine wässrige Ozonlösung herzustellen. Zur Ozonbildung müssen dabei die Anoden durch die Oxidationskatalysatorbeschichtung die dazu notwendige Polarisation aufweisen.

25 Eine erfindungsgemäße Elektrolysezelle zur Ozon- und Sauerstoffherstellung, welche als Eintauchzelle direkt im industriellen oder gewerblichen Schmutzwasser zum Ausfällen von oxidierbaren Substanzen verwendbar ist, wird im folgenden anhand der Zeichnungen einer bevorzugten Ausführungsform näher beschrieben.

30 In den Zeichnungen zeigen:

35 Figur 1: Einen Querschnitt durch die zur Ozon- und Sauerstoffherstellung verwendete Elektrolysezelle, wobei der Anodenraum über eine Speisewasserversorgung mit entmineralisiertem Wasser versorgt wird, welches insofern einen geringen Leitwert aufweist und somit elektrisch nicht leitend ist;

40 Figur 2: Einen Querschnitt durch die Elektrolysezelle gemäß Figur 1, wobei die beiden Zellgehäuseschalen der Elektrolysezelle sowie die verwendeten Elektroden, Streckmetallbleche sowie die Feststoffelektrolytmembran in gesprengter Darstellung nebeneinander angeordnet sind.

45 Im Gegensatz zu einer Elektrolysezelle gemäß der DE 42 27 732 C2, welche zur Erzeugung von Ozon und 50 Sauerstoff nur in chemisch reinem Wasser zu verwenden ist, welches z.B. im Pharma- und Kosmetikbereich benötigt wird, kann die erfindungsgemäße Elektrolysezelle wie die Ausführung gemäß Figur 1 und 2 zeigt,

unmittelbar auch in Medien mit höherem elektrischem Leitwert eingesetzt werden, wie in Brauch- und Abwasser.

Die Elektrolysezelle ist dabei derart konzipiert, daß eine Stromversorgung möglich ist, ohne daß sich über äußere freiliegende Polflächen der Elektrolysezelle eine äußere Elektrolyse in dem insofern eine Elektrolyt darstellenden Brauch- und Abwasser einstellen kann.

Bei der in Figur 1 und 2 dargestellten Elektrolysezelle, welche aus zwei miteinander verschraubbaren Zellgehäuseschalen (1,14) gebildet wird, welche die Kathodenseite bzw. Anodenseite der Zelle umgeben, ist dabei das Zellgehäuse aus einem elektrisch leitfähigen und korrosionsbeständigen Werkstoff nämlich Edelstahl gefertigt, wobei die Kathode (5) elektrisch mit der am Kathodenraum (5') angrenzenden Zellgehäuseinnwandung (32) verbunden ist, so daß das Zellgehäuse während des Betriebs der Elektrolysezelle auf kathodischem Potential liegt, welches über den rechts dargestellten Zellgehäuseanschluß (23) vorgegeben ist (Masse). Dabei befindet sich der Andruckbolzen (13), welcher auf die Andruckplatte (10) der Anode (9) wirkt, ebenfalls auf kathodischem Potential. Dagegen befindet sich der Anschluß für das anodische Potential unmittelbar im Innern der Zelle an der Elektrodenandruckplatte (10), wobei in der Zellgehäusewandung (24) der Zellgehäuseschale (14) eine elektrische Stromdurchführung (18') für eine Stromzuführung (18) zur Anode (9) vorgesehen ist.

Die Stromzuführung (18) erfolgt dabei über ein Stromkabel (34), dessen inneres Ende bis in eine Sackbohrung (33) der Elektrodenandruckplatte (10) geführt ist und dort mit seinem Leiter (36) die Elektrodenandruckplatte (10) und damit die auf deren Außenseite befindliche Anode (9) elektrisch kontaktiert, wobei ansonsten der Kabelmantel auch gegen umgebende Flüssigkeit schützt. Insofern erfolgt die Stromzuführung geschützt und gegen die Zellgehäusewandung (24) und den Außenbereich der Elektrolysezelle zur Elektrodenplatte (10) isoliert bis in die auf der Rückseite (29) der Elektrodenandruckplatte (10) angelegte Sackbohrung (33).

Der Anschluß für die anodische Stromversorgung ist somit isoliert in das Innere der Elektrolysezelle geführt, so daß außerhalb der Elektrolysezelle lediglich kathodisches Potential der Stromversorgung anliegt. Durch dieses kathodische Potential des aus Edelstahl gebildeten Zellgehäuses wird dabei insbesondere in aggressiven Medien wie Salzwasser ein kathodischer Korrosionsschutz erzielt.

Im Innern der Elektrolysezelle kann es dabei in dem Anodenraum (9'), in welchem über die Elektrodenandruckplatte (10) und die Anode (9) anodisches Potential und über die Zellgehäusewandung (24) und dem Andruckbolzen (13) kathodisches Potential ansteht, nicht zu einem Kurzschluß oder einer Elektrolyse kommen, da die Elektrolysezelle permanent mit entmineralisiertem Wasser versorgt wird, welches über einen

Wasserzufluß (15) zum Anodenraum (9) eintritt und über einen Wasserablauf (16) als überschüssiges Wasser mit gelöstem Ozon und Sauerstoff austritt. Dabei liegt an dem Wasserzufluß (15) ein kompaktes System zur Versorgung der Zelle mit maximal 1 l/h entmineralisiertem Wasser an. Die insofern notwendige Zellwasser-Versorgung kann dabei an jede Trinkwasserleitung problemlos angeschlossen werden. Das Zellwasser wird dabei durch eine Osmoseeinheit oder auch durch Ionenaustauscher erzeugt, durch welche eine Entzalzung des Leitungs- bzw. Trinkwassers erfolgt, so daß Zellwasser mit einem Leitwert geringer als 20  $\mu\text{S}/\text{cm}$  entsteht.

Aufgrund der gewählten Feststoffelektrolytmembran und der Struktur der Anode wird dabei ein Gemisch von Sauerstoff und Ozon im Anodenraum gebildet, wobei der Überschuß an zugeführtem Zellwasser, welches nicht als Permeatwasser in den Kathodenraum (5') wandert, unmittelbar über den Wasserablauf (16) mit in ihm gelösten oder angereicherten Ozon und Sauerstoff nach außerhalb der Elektrolysezelle und somit beispielsweise in das Brauch- und Abwasser geführt wird, in welchem die Elektrolysezelle eingetaucht ist.

Das im Kathodenraum (5') entstehende Permeatwasser und Wasserstoffgas wird dabei in einem Bereich außerhalb der Elektrolysezelle geführt, welcher nicht in Verbindung mit dem erzeugten Ozon besteht, so daß kein Knallgas entstehen kann.

Aus diesem Grund sind zum Anschluß von Rohrleitungen am Wasserzufluss- und -abfluss (15,16) des Anodenraumes (9) Rohrverschraubungen (20) jeweils vorgesehen, so daß der Wasserabfluß (16) über eine Leitung zu einer Kreiselpumpe führbar ist, welche in einem kein Wasserstoff aufweisenden Bereich des zu ozonisierenden Brauch-/Abwassers angeordnet ist.

An dem Ausgang (2) des Kathodenraumes (5') erfolgt dabei vorzugsweise ebenfalls der Anschluß einer Leitung über eine entsprechende Rohrverschraubung (20).

Der Unterschied zu bisherigen Elektrolysezellen gemäß der DE 42 27 732 C2 besteht insofern außer darin, daß der anodische Stromversorgungsanschluß innerhalb der Zelle verlegt ist, ferner darin, daß die Elektrodeneinheit (Anode, Feststoffelektrolytmembran, Kathode) sich nicht im zu ozonisierenden Medium (Brauch-/Abwasser) befindet und dabei separat mit vollentmineralisiertem Wasser mit geringem elektrischen Leitwert als Zellwasser zur Produktion des Ozons und Sauerstoffs ständig während der an der Elektrodeneinheit erfolgenden Elektrolyse versorgt wird.

Das entstandene Ozon wird sofort anschließend an das zu behandelnde Medium, also z.B. Brauch- und Abwasser, abgegeben. Um eine Elektrolyse mit hohen Wirkungsgrad durchzuführen, weist dabei die Anodenandruckplatte (10) eine profilierte äußere Stirnseite auf, an welcher die Anode (9) befestigt ist. Des weiteren wird

vorzugsweise elastisches Elektrodenmaterial eingesetzt, wobei statt einer aus gesinterter Bronze bestehenden Kathode (5) ein weiches elektrisch leitfähiges Kohlenstoff-Fasermaterial in Form eines carbonisierten und graphitierten Filzes auf PAN-Faser-Basis als Kathodenmaterial dient. Seitlich dazu sind dabei unter Kontaktierung der Innenwandung (32) der angrenzenden Zellgehäuseschale der Kathodenseite (1) Streckmetallbleche (4) aus Titan 3.7035 mit einer Dicke von 1,5 mm und einer Vielzahl von rautenförmigen Durchtrittsöffnungen angebracht, welche rasterförmig, eng aneinander angelegt sind mit einem Rautenmaß von 6 x 3 mm (Länge, Breite). Es wird insofern eine Zweikomponentenkathode mit freien Kathodenraumabschnitten gebildet.

Wie sich insbesondere aus der gesprengten Darstellung der Elektrodeneinheit aus Anode, Elektrolytmembran und Kathode gemäß Figur 2 entnehmen läßt, sind dabei seitlich der Kathode (5) drei einzelne Streckmetallbleche angeordnet. Die Verwendung des Kohlenstoff-Fasermaterials bringt dabei den Vorteile daß dieses mit Permeatwasser sich voll aufsaugt und somit die Feststoffelektrolytmembran befeuchtet.

Es ist dabei eine spezielle Feststoffelektrolytmembran in Form einer auf der Basis perfluorierter Sulfosäuren aufgebauten Kationenaustauschermembran vorgesehen. Die Anode (9) besteht dabei aus gesintertem, also porösem Titan, welches mit Platin überzogen ist, wobei auf diesen Träger außen ein Elektrokatalysator aus  $PbO_2$  galvanisch aufgebracht ist.

Aufgrund der neuen Elektrodeneinheit wird dabei gegenüber Elektrolysezellen mit herkömmlichen Elektrodeneinheiten eine erheblich höhere Ausbeute an sich entwickelndem Ozon erreicht, wobei mit einer einzigen derartigen Elektrodeneinheit in der Elektrolysezelle 4 g Ozon/h herstellbar ist, während bei einer Elektrolysezelle gemäß der DE 42 27 732 C2 vier Elektrodenpaare zur Herstellung von 5g Ozon/h benötigt wurden.

Durch das als Kathode verwendete Kohlenstoff-Fasermaterial wird dabei eine gute Kontaktierung der seitlich der Kathode angeordneten drei Streckmetallbleche (4) erreicht. Es ist dabei ein ausreichender Abstand zwischen Kathode und der angrenzenden Innenwandung (32) der kathodenseitigen Zellgehäuseschale (1) gegeben, so daß sich ein optimaler Gas- und Wasser-austausch einstellt.

Das filzartige Kohlenstoff-Fasermaterial der Kathode besitzt dabei eine Dicke von 2,5 - 3 mm und weist dabei eine aktive Oberfläche aus Kohle auf, wobei der Filz sich 100%-ig an die Form der Feststoffelektrolytmembran anpaßt. Es ist insofern ein guter elektrischer Kontakt mit geringem Übergangswiderstand gegeben.

Grundsätzlich können dabei die Streckmetallbleche (4) statt aus Titan auch aus Edelstahl, Kupfer oder einem anderm Material mit guter elektrischer Leitfähigkeit gebildet werden, sofern diese Materialien bei Anlage einer größeren Anzahl von Durchströmungsöff-

nungen eine ausreichende Formstabilität zulassen.

Um einen einfachen Betrieb der Elektrolytzeile als Tauchzelle in Brauch- und Abwasser, also Wasser mit einem Leitwert von mehr als 20  $\mu S/cm$  zu ermöglichen, weisen die Zellgehäuseschalen (1,14) als breite Dichtflächen ausgebildete Stirnflächen auf, in welchem zwei O-Dichtringe (7,7) konzentrisch zueinander jeweils verlaufen.

In Figur 2 ist dabei sowohl der äußere O-Dichtring (7) als auch der innere O-Dichtring (7) dargestellt, während in Figur 1 lediglich der äußere O-Dichtring (7) wiedergegeben ist.

Zwischen den insofern vier gegenüberliegenden O-Dichtringen (7,7) der beiden Zellgehäuseschalen ist dabei die Feststoffelektrolytmembran (8) mit ihren Endabschnitten festgelegt. Es wirkt dabei der Dichtdruck der beiden Dichtflächen der Zellgehäuseschalen (1,14) auf die Feststoffelektrolytmembran, wobei dies unabhängig vom Anpreßdruck der Anode und Kathode auf die Feststoffelektrolytmembran erfolgt. Der Dichtdruck wird dabei durch einen Kranz von Schrauben (3) erzeugt, welche in Gewindebohrungen der beiden Dichtflansche einschraubar sind.

Die in der Elektrolysezelle verwendete Elektroden-  
25 einheit besteht dabei aus der Anode (9), der Feststoff-  
elektrolytmembran (8) und der Kathode (5). Während  
die Kathode (5) aus einem elastischen Elektrodenmate-  
rial in Form eines Kohlenstoff-Fasermaterials herge-  
stellt ist und dabei fest auf den Streckmetallblechen (4)  
30 gegenüber der in einer Parallelebene zur Feststoffelek-  
trolytmembran (8) ausgerichteten Innenwandung der  
kathodenseitigen Zellgehäuseschale (1) gelagert ist,  
befindet sich dabei die aus einem porösen gesinterten  
35 Titanträgermaterial aufgebauten Anode (9) auf einer pro-  
filierten Stirnfläche der verstellbaren Elektrodenan-  
druckplatte (10). Diese ist dabei wie in den  
Ausführungsformen der DE 42 27 732 C2 über ein mit-  
tiges Zentrier- und Andrucklager (30), welches auf der  
40 Rückseite der Elektrodenandruckplatte, also in Rich-  
tung der äußeren Zellgehäusewandung (24) der  
anodenseitigen Zellgehäuseschale (14) angelegt ist,  
derart beweglich gelagert, daß durch einen in Längs-  
richtung auf dieses Lager (30) verstellbaren Endab-  
45 schnitt eines Andruckbolzens (13) eine Zentrierung  
und/oder Verschwenkung zusammen mit der auf der  
vorderen Stirnfläche der Elektrodenandruckplatte gela-  
gerten Anode möglich ist. Es wird insofern auch sicher-  
gestellt, daß der notwendige Anpreßdruck der  
Elektrodenandruckplatte (10) und damit der dort auf der  
50 äußeren Stirnfläche aufgenommenen Anode (9) gegen  
die Feststoffelektrolytmembran (8) erzeugt wird, ohne  
dabei diese zu verschieben oder zu verkanten.

Der Andruckbolzen (13), welcher mit seinem äußeren  
55 Endabschnitt (28) auf das Zentrier- und Andrucklager (30) wirkt, ist dabei auf der Anodenseite durch die  
Zellgehäusewandung (24) der Zellgehäuseschale (14) hindurchgeführt. Die Zellgehäusewandung (24) weist  
dabei eine verglichen zu der Länge des Andruckbol-

zens relativ große Dicke auf, so daß die in ihr angelegte Gewindebohrung gleichzeitig ein Führungs Lager (13) für eine sichere Längsführung des Andruckbolzens (13) bildet. Über O-Dichtungsringe (27) wird dabei eine Abdichtung des Gewindestabes (13) in einem äußeren Bohrungsbereich des Führungslagers (13') erreicht.

Der Andruckbolzen (13) und das Führungslager (13') bilden insofern eine von außen betätigbare Stell- und Führungseinrichtung (13,13') für eine aus der Elektrodenanordnungsplatte (10) mit dem Andruckbolzen (13) gebildete Anpreßvorrichtung (10,13), welche die Anode (9) gegen die Feststoffelektrolytmembran (8) drückt.

In der Zellgehäusewandung (24) der Zellgehäuse schale (14) der Anodenseite ist dabei neben dem Lagerbolzen (13) die elektrische Stromdurchführung (18) für die Stromzuführung (18) zur Anode (9) seitlich angelegt. Die Stromzuführung erfolgt dabei unter Isolation gegen die Zellgehäusewandung (24) und den Außenbereich der Zelle, wobei insofern ein Kabel mit einer PVC-Ummantelung verwendet wird, welche insbesondere ozonbeständig ist und dabei zusätzlich eine Teflonbeschichtung (17) zur Abdichtung gegen Wasser aufweist. Dieses Stromkabel (34) ist dabei durch eine Durchgangsbohrung (35) in der Zellgehäusewandung (24) geführt, welche am äußeren Abschnitt einen Gewindestab mit aufweist, in welchem eine Abdicht schraube (12) mit einer Durchgangsbohrung für das Stromkabel (34) angelegt ist.

Bei Einschrauben der Abdichtschraube (12) in die Durchgangsbohrung (35) wird diese dabei an den Mantel des Stromkabels angedrückt und somit dieses Kabel zur Zelle nach außen und innen abgedichtet.

Das Stromkabel (34) weist dabei einen Kupferleiter mit  $16 \text{ mm}^2$  Querschnittsfläche auf, so daß große Ströme von z.B. bis zu 60 Ampere durch die Elektrolysezelle und die Elektrodeneinheit zum kathodischen Zellgehäuseanschluß (23) der Elektrolysezelle führbar sind.

Der äußere Endabschnitt des Stromkabels (34) ist dabei in eine Sackbohrung (33) auf der Rückseite (29) der Elektrodenanordnungsplatte (10) geführt, wobei eine Festlegung und Abdichtung über eine Gewindestab (11) erfolgt, welche eine Durchgangsbohrung für das Stromkabel aufweist und ein äußeres Gewinde, mit welchem diese in ein Innengewinde der Sackbohrung (33) verschraubar ist.

Die Gewindestab (11) weist dabei an ihrem vorderen, in die Sackbohrung (33) gerichteten Abschnitt eine Querschnittsverengung auf, welche in eine entsprechende Querschnittsverengung der Sackbohrung ragt und dort einen Dichtungsring (42) gegen ein nach außen abgebogenen Endabschnitt (43) der Kabelisolierung drückt, wobei dieser Endabschnitt wiederum gegen eine Stirnfläche eines messringartigen Kontaktstückes (37) zur Anlage kommt. Das Kontaktstück (37) weist dabei eine äußere Kontaktfläche (38) auf, welche in einen Flächenkontakt mit der planen Stirnseite (39) am Ende der Sackbohrung (33) bringbar ist.

Das Stromkabel (34) ist dabei im Zelleninnern derart in der Länge bemessen, daß es eine Verstellung der Elektrodenanordnungsplatte durch den Andruckbolzen (13) erlaubt, ohne die Kontaktierung seines Leiters (36) zu gefährden.

Da der Andruckbolzen (13) sich wie die übrigen Zellgehäuseteile auf kathodischem Masse-Potential befindet, während die Elektrodenanordnungsplatte (10) sich auf anodischem Potential befindet, ist dabei das Zentrier- und Andrucklager (30) gegenüber dem Andruckbolzen (13) elektrisch isoliert ausgeführt. Es ist insofern ein Isolationskörper (6) vorgesehen, welcher in eine Ausnehmung auf der Rückseite der Elektrodenanordnungsplatte (10) eingebracht ist und dabei gegenüber der Wandung dieser Ausnehmung durch eine umlaufende Teflonbeschichtung zusätzlich elektrisch isoliert ist.

Eine zusätzlich besondere Isolation zwischen dem kathodischen Potential des Andruckbolzens (13) und dem anodischen Potential der Elektrodenanordnungsplatte (10) ist dabei nicht vorgesehen. Da das Innere des Anodenraumes (9) aber mit vollentsalztem Wasser aufgefüllt und nachfüllbar ist, welches einen elektrischen Leitwert von kleiner als  $20 \mu\text{S}/\text{cm}$  aufweist, ist dabei eine zusätzliche Isolation der gegenüberliegenden unterschiedlichen Potentiale durch diese Flüssigkeit gegeben. Da diese Flüssigkeit einen äußerst geringen Leitwert aufweist, kann sich insofern in dieser auch keine Elektrolyse einstellen. Es ist insofern lediglich eine Elektrolyse an der Elektrodeneinheit gegeben, wobei insbesondere auch keine Elektrolyse außerhalb der Elektrolysezelle stattfindet, wie dies an sich bei einer Elektrolysezelle gemäß der DE 42 27 732 C2 möglich ist, da dort außen ein Übergang zwischen kathodischem und anodischen Potential gegeben ist.

Insofern wird die Bildung von Calcium, Natrium und anderen Salzen oder anderen Ablagerungen an der Außenseite der Elektrolysezelle vermieden, so daß deren Funktionsfähigkeit erhalten bleibt und elektrische Verluste vermieden werden.

Über eine unterhalb des Andruckbolzens (13) in den Anodenraum (9) ragende bolzenförmige Arretierung (19) ist dabei eine Drehung der Elektrodenanordnungsplatte (10) vermeidbar, wobei die bolzenförmige Arretierung (19) in eine Ausnehmung an der Rückseite (29) im Bereich des unteren Randes der Elektrodenanordnungsplatte eingreift und insofern die Elektrodenanordnungsplatte zusätzlich haltert.

Die kathodenseitige Zellgehäuse schale (1) weist dabei eine relativ geringe Breite auf, wobei sie lediglich einen Kathodenraum (5) aufweist, welcher aus einer Ausnehmung (46) und einer im Innenquerschnitt dazu verengten Fortsetzung (47) gebildet wird. In der Ausnehmung (46) werden dabei die Kathode (5) aus dem filzartigen Kohlenstoff-Fasermaterial sowie die angrenzenden 3 Streckmetallbleche (4) aufgenommen, wobei die am Übergang der Ausnehmung (46) zur Fortsetzung (47) gebildete äußere umlaufende Abstufung die

die Kathode (5) bzw. drei Streckmetallbleche (4) lagernde und kontaktierende Gegenlagerung (25) zur Elektrodenandruckplatte (10) bildet.	20	Rohrverschraubung am Wasserzufluß und -ablauf
Das filzartige Kohlenstoff-Fasermaterial der Kathode (5) ist dabei in Form von Filzen und Flocken (Wolle) durch Carbonisieren natürlicher und synthetischer Faser hergestellt. Es besitzt dabei eine hervorragende Flexibilität und läßt sich leicht an kleine Krümmungsradien anpassen. Das Material stellt dabei einen elektrisch leitfähigen carbonisierten und graphitisierten Filz auf PAN-Faser-Basis dar und ist über die Firma SGL CARBON unter der Sortenbezeichnung SIGRATHERM KFD 2 erwerbar (Vertrieb: Firma SIGRI GmbH, D-86405 Meitingen).	21	Sicherungsscheibe
	22	kathodischen Stromversorgungspol darstellende Schraube des Zellgehäuseanschlusses
	5	Zellgehäuseanschluß für das kathodische Stromversorgungskabel
	23	Zellgehäusewandung
	24,24'	Gegenlagerung
	10	O-Dichtungsring
	25	Endabschnitt des Andruckbolzens
	26	Rückseite
	27	Zentrier- und Andrucklager
	28	Stirnfläche der Elektrodenandruckplatte
	29	Innenwandung des Zellgehäuses
	15	flächiger Lagerabschnitt
	30	Sackbohrung
	31	Stromkabel
	32	Durchgangsbohrung
	4,32	elektrischer Leiter
	33	Kontaktstück
	20	Kontaktfäche
	34	Stirnfläche an Ende der Sackbohrung
	35	Längsdurchführung
	36	Abdichtung mit O-Ring in Sackbohrung
	37	vorstehender Endabschnitt der Kabelummantelung
	38	Ausnehmung
	25	Ausnehmung
	39	Ausnehmung in Fortsetzung der Ausnehmung (46)
	40	
	41	
	42	
	43	
	30	
1	Zellgehäuseschale der Kathodenseite	
2	Ausgang des Kathodenraumes	44
3	Schrauben zur Festlegung und Abdichtung der Zellgehäuseschalen	46
4	Streckmetallbleche	47
5	Kathode	35
5'	Kathodenraum	
6	Isolationskörper in der Elektrodenandruckplatte	
7,7'	O-Ringe auf den Stirnflächen der Zellgehäuseschalen	40
8	Feststoffelektrolytmembran	
9	Anode	
9'	Anodenraum	
10	Elektrodenandruckplatte	
11	verschraubbare Gewindegewindebuchse	
12	Abdichtschraube	
13	Andruckbolzen	
13'	Führungs Lager	
13,13'	Stell- und Führungseinrichtung	
10,13	Anpreßvorrichtung	45
14	Zellgehäuseschale der Anodenseite	
1,14	Zellgehäuse	
15	Wasserzufluß	
16	Wasserablauf	
17	Teflonisolierung	55
18	Stromzuführung	
18'	Stromdurchführung	
19	Arretierung der Elektrodenandruckplatte	

#### Patentansprüche

1. Elektrolysezelle, insbesondere zur Erzeugung von Ozon, mit einer den Anoden- und Kathodenraum (9',5') voneinander trennenden Feststoffelektrolytmembran (8), deren anodische und/oder kathodische Seite zumindest eine aus einem planar ausrichtbaren, zumindest teilweise wasserdurchlässigen oder befeuchtbaren Aufbau aus elektrisch leitfähigen Material bestehende Elektrode (5) und/oder eine planare, zumindest teilweise poröse Elektrode (9), insbesondere aus einem gesinterten oder nichtporösen Träger aus einem metallischen Leiter und einer oder mehreren elektrisch leitfähigen Beschichtungen, aufweist, wobei die Anoden- und Kathoden-Elektroden (5,9) mit der Feststoffelektrolytmembran (8) flächig in Kontakt stehen, die äußere Anodenfläche zur Herstellung von Ozon bei großer Überspannung aktiviert ist, das Zellgehäuse in einer Zellgehäusewandung (24) eine elektrisch isolierte Stromdurchführung (18') für eine Stromzuführung (18) zu einer der Elektroden (9) aufweist und aus mindestens zwei Zellgehäuseschalen

(1,14) besteht, die gegeneinander abgedichtet sind, wobei eine Zellgehäuseschale (1) die Kathoden Seite und die andere Zellgehäuseschale (14) die Anoden Seite zumindest teilweise umschließt und die Feststoffelektrolytmembran (8) zwischen den aneinanderangrenzenden, als Dichtflächen ausgebildeten Stirnflächen der Zellgehäuseschalen (1,14) eingeklemmt ist und die Einstellung des Flächendruckes der beiden Elektroden (5,9) auf die Feststoffelektrolytmembran (8) unabhängig von der Einstellung des Dichtdruckes der Zellgehäuseschalen (1,14) durch eine durch die Zellgehäusewandung (24) zum Anodenraum (9) geführte Stell- und Führungseinrichtung (13,13') und eine von außen betätigbare Anpreßvorrichtung (10,13) erfolgt, wobei der Endabschnitt (28) eines durch die Zellgehäusewandung (24) geführten Andruckbolzens (13) mit einem auf der Rückseite (29) einer verstellbaren Elektrodenandruckplatte (10) mittig angelegten Zentrier- und Andrucklager (30) in Eingriff steht, wodurch die Zentrierung und/oder Verschwenkung der auf der äußeren Stirnfläche (31) der Elektrodenandruckplatte (10) gelagerten Anode (9) quer zur Verstellachse des Andruckbolzens (13) in einer parallelen Ebene zur Feststoffelektrolytmembran (8) erfolgt, wobei der nach außen durch die Zellgehäusewandung (24) geführte Andruckbolzen (13) mittels der Stell- und Führungseinrichtung (13,13') in einer Längsführung eines Führungslagers (13) verstellbar gelagert ist und die Kathode (5), die der im Anodenraum (9') an der Elektrodenandruckplatte (10) angelegten Elektrode (9) gegenüberliegt, unter Bildung eines Kathodenraumes (5') seitlich der Innenwandung (32) des Zellgehäuses, auf einer Gegenlagerung (25) ebenfalls in einer parallelen Ebene zur Feststoffelektrolytmembran (8) ausgerichtet und unter elektrischer Kontaktierung gegen diese angepreßt angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Stromdurchführung (18) für die Stromzuführung (18) zur Anode (9) in der Zellgehäusewandung (24) getrennt vom Andruckbolzen (13) seitlich neben diesem angelegt ist und daß die Stromzuführung (18) unter Abdichtung und unter elektrischer Isolation gegen die Zellgehäusewandung (24) und den Außenbereich der Zelle sowie Bildung eines Stromanschlusses innerhalb des Zellgehäuses unter Kontaktierung der als Träger und Anschluß der Anode (9) verwendeten Elektrodenandruckplatte (10) bis zu dieser zumindest durch Gas innere des Anodenraums (9) elektrisch isoliert weiter geführt ist und daß der mit seinen Endabschnitt (28) gegen das Zentrier- und Andrucklager (30) mittig auf der Rückseite (29) der Elektrodenandruckplatte (10) geführte Andruckbolzen (13) gegenüber dieser elektrisch isoliert ist, wobei das Innere des Anodenrau-

mes (9') der Zelle mit vollentsalztem Wasser (Leitwert kleiner als 20  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) aufgefüllt und somit Elektrodenandruckplatte (10) und/oder Anode (9) gegenüber den Zellgehäuseschalen (1,14) und dem Andruckbolzen (13) elektrisch isoliert sind.

2. Elektrolysezelle nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromzuführung (18) mit einer äußeren elektrischen und gegen zu umgebende Flüssigkeit schützenden Isolierung bis in eine zur Außenseite der Elektrodenandruckplatte (10) sich öffnende Sackbohrung (33) zur dortigen Kontaktierung geführt ist.
- 10 3. Elektrolysezelle nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Zellgehäuse (1,14) aus einem elektrisch leitfähigen Werkstoff besteht und daß die Kathode (5) elektrisch mit der am Kathodenraum (5') angrenzenden Zellgehäuseinnenwandung (32) verbunden ist, so daß das Zellgehäuse während des Betriebes der Elektrolysezelle auf kathodischem Potential eines elektrischen Zellgehäuseanschlusses (23) liegt, und daß der Andruckbolzen (13) sich im Gegensatz zum anodischen Potential der Andruckplatte (10) auf Massenpotential entsprechend dem kathodischem Potential der Kathode (5) befindet.
- 15 4. Elektrolysezelle nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Stromzuführung (18) zur Anode (9) über ein Stromkabel (34) erfolgt, welches über eine Durchgangsbohrung (35) und Abdichtung (12) durch die Zellgehäusewandung (24,24') in das Zellgehäuse geführt ist und mit seinem äußeren, die Elektrodenandruckplatte (10) der Anode kontaktierenden Ende gegen die Elektrodenandruckplatte (10) festgelegt ist.
- 20 5. Elektrolysezelle nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der elektrische Leiter (36) des Endes des Stromkabels (34) in ein plattenförmiges in die Sackbohrung (33) einschiebbares flächiges Kontaktstück (37) übergeht.
- 25 6. Elektrolysezelle nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Kontaktstück (37) auf seiner Vorderseite eine plane Kontaktfläche (38) besitzt und die Sackbohrung (33) an ihren Ende eine plane Stirnseite (39) zur flächenmäßigen Kontaktierung der Kontaktfläche (38) des Kontaktstückes (37).
- 30 7. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 4 - 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Ende des Stromkabels (34) und/oder das an dem dortigen Ende angelegte Kontaktstück (37)
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

durch eine in der Sackbohrung (33) verschraubbare Gewindebuchse (11), welche zur Durchführung des Stromkabels (34) eine Längsdurchführung (41) aufweist, gegen die Stirnseite (38) der Sackbohrung (33) festlegbar ist.

8. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 4 - 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Abdichtung des Stromkabels in der Durchgangsbohrung (35) über eine in einem dortigen äußeren Gewindeabschnitt einschraubbare Abdichtschraube (12) erfolgt.

9. Elektrolysezelle nach einem Ansprache 4 - 8, dadurch gekennzeichnet, daß zum äußeren Schutz des Stromkabels (34) dieses eine PVC-Ummantelung aufweist, auf die eine äußere Teflonisolierung (17) aufgebracht ist, oder daß das Stromkabel (34) gänzlich eine elektrische Teflonisolierung als äußere Ummantelung aufweist.

10. Elektrolysezelle nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Teflonisolierung (17) bis in die Sackbohrung (33) der Elektrodenanrückplatte (10) durch die Elektrolysezelle geführt ist.

11. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 4 - 10, dadurch gekennzeichnet, daß in der Sackbohrung (33) der Elektrodenanrückplatte (10) auf der Kabelummantelung oder deren zusätzlicher äußerer Teflonisolierung zumindest eine das Ende des Stromkabels (34) und die dortige Stromkontakteierung der Elektrodenanrückplatte (10) schützende Abdichtung (42) angelegt ist.

12. Elektrolysezelle nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Abdichtung (42) am Ende des Stromkabels (34) als Dichtring ausgebildet ist, welcher in der Sackbohrung (33) gegen einen nach außen radial vorstehenden Endabschnitt (43) der Kabelummantelung bzw. der äußeren Teflonisolierung anpreßbar ist, welcher mit der anderen Seite gegen die Rückseite des äußeren radial vorstehenden Kontaktstückes (37) des Leiters (36) des stromkabels gelagert ist.

13. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 5 - 12, dadurch gekennzeichnet, daß als Kontaktstück (37) am Leiterende des Stromkabels (34) ein Messingring oder eine kreisförmige Platte mit einer Durchgangsbohrung zur Durchführung des Leiterendes mit einer sich weitenden äußeren Ausnehmung (44) zum Festlöten des Leiterendes angelegt ist.

5 14. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 1 - 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Wasserzufluß (15) für vollentsalztes Wasser zum Anodenraum und der Ablauf (16) von Wasser, Sauerstoff und Ozon aus diesem mindestens ein Anschlußstück (20) für eine Zuführungsleitung oder Abführungsleitung aufweist.

10 15. Elektrolysezelle nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß als Anschlußstück eine Rohrverschraubung (20) zur Festlegung und Abdichtung einer Zuführungs- oder Abführungsleitung angelegt ist.

15 16. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 1 - 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Zentrier- und Andrucklager (30) für den Andruckbolzen (19) in Form eines Isolationskörpers (6) ausgebildet ist oder als metallisches Lager gegenüber der Elektrodenanrückplatte in einer Isolationsschicht eingebettet ist.

20 17. Elektrolysezelle nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die die Rückseiten der die Elektroden (5,9) andrückenden Zellenteile (4,10,25,32) mit einem zur Wasserverteilung und zum Abfangen von sich bildendem Gas dienenden Kanalnetz ganz oder teilweise ausgestattet sind.

25 30 18. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 1 - 17, dadurch gekennzeichnet, daß seitlich zur Lagerung der Kathode (5) auf der Gegenlagerung (25) in einer parallelen Ebene zur Feststoffelektrolytmembran (8) ein oder mehrere flächige Streckmetallnetze oder -bleche (4) vorge sehen sind, welche den zwischen Kathode (5) und der angrenzenden Zellgehäuseinnenwandung (32) gebildeten Kathodenraum (5) ganz oder teilweise ausfüllen.

35 40 19. Elektrolysezelle nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Streckmetallbleche (4) aus einem Titanblech mit rechteckigen oder rautenförmigen Öffnungen und gitterförmig vorspringender Rasterung bestehen.

45 50 20. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 1 - 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Kathode (5) aus gesinterter Bronze besteht.

55 21. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 1 - 17, dadurch gekennzeichnet, daß unter Bildung eines elastischen Elektrodenmaterials die Kathode (5) aus einem elektrisch leitfähigen Kohlenstoff-Fasermaterial besteht.

22. Elektrolysezelle nach Anspruch 21,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
das Kohlenstoff-Fasermaterial aus einem in Form  
von Filzen und Flocken (Wolle) durch Carbonisie- 5  
ren natürlicher und synthetischer Faser hergestell-  
ten Material besteht.

23. Elektrolysezelle nach Anspruch 21 oder 22,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
das Kohlenstoff-Fasermaterial einen geringen 10  
ohmschen Widerstand aufweist, dagegen einen  
hohen induktiven Widerstand, so daß eine Ankopp-  
lung in einem induktiven Feld erst über 12 kHz  
erfolgt. 15

24. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 21 - 23,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
das Kohlenstoff-Fasermaterial als carbonisierter 20  
und graphitierter Filz auf PAN-Faser-Basis herge-  
stellt ist.

25. Elektrolysezelle nach Anspruch 24,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
das Kohlenstoff-Fasermaterial ein Flächengewicht 25  
von 320 g/m<sup>2</sup>, eine Rohdichte von 0,1 g/m<sup>3</sup>, eine  
Dicke von 2,5 - 3,0 mm und einen spezifisch elek-  
trischen Widerstand in Längs- und Querrichtung von  
1,5 Ohm aufweist.

26. Elektrolysezelle nach Anspruch 24 oder 25, 30  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Wärmeleitfähigkeit 0,06 W/mK bei 30° C  
beträgt.

27. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 1 - 26,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Anode (9) aus einer gesinterten Titanschicht mit 35  
einer äußeren PbO<sub>2</sub> Beschichtung besteht.

28. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 1 - 27,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Anode (9) als poröse Elektrode ausgebildet, 40  
wobei die Elektrodenoberfläche mit einer Oxidati-  
onskatalysatorbeschichtung versehen ist.

29. Elektrolysezelle nach Anspruch 28,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
eine poröse aufgalvanisierte Oxidationskatalysa- 45  
torbeschichtung angelegt ist.

30. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 1 - 28,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
poröse Elektroden gegenüber einer perfluorierten 50  
Kationenaustauschermembran (8) angelegt sind,  
welche mit einem Elektrokatalysator galvanisch  
beschichtet oder in Form eines pulverförmig aufge-  
brachten Films versehen ist.

31. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 1 - 30,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
diese als Feststoffelektrolytmembran (8) eine auf 55  
der Basis perfluorierter Sulfosäuren aufgebaute  
Kationenaustauschermembran aufweist.

32. Elektrolysezelle nach einem der Ansprüche 1 - 31,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
der Anodenraum (9) ohne freien Wasserdurchfluß  
lediglich mit einem Wasserzufluß (15) und einem  
Wasserablauf (16) für vollentsalztes Wasser ver-  
sehen ist, während in dem von dem Anodenraum (9)  
durch die Feststoffelektrolytmembran (8) getrennten  
Kathodenraum (5) lediglich ein Ausgang (2) für  
Wasser und Wasserstoff angelegt ist.

33. Elektrolysezelle nach Anspruch 32,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
der Ausgang (2) zur Abführung von Wasserstoff  
und Wasser ein Anschlußstück für eine Abfüh-  
rungsleitung aufweist und daß Einrichtungen zum  
Abgeben des entstandenen Ozons mit dem über-  
schüssigen vollentsalzten Wasser an das zu  
behandelnde oder anzureichernde, eine höhere  
Leitfähigkeit besitzende Medium vorgesehen sind.

34. Elektrolysezelle nach Anspruch 33,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Zellgehäuseschale (1) der Kathodenseite mit  
zumindest einer sich bis zum Ausgang (2) des  
Kathodenraumes (5) erstreckenden Ausnehmung 46,47  
versehen ist, in welche die Gegenlagerung (25) für die Kathode (5) angelegt und/oder das oder  
die Streckmetallbleche (4), sich zumindest bis zur  
Höhe des Ausganges (2) des Kathodenraumes  
erstreckend, eingebracht sind.

35. Elektrolysezelle nach Anspruch 33,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
die Ausnehmung (46) für die Kathode (5) und/oder  
die Streckmetallbleche (4) zur Zellgehäuseinnen-  
wandung (32) der Kathodenseite in eine Fortset-  
zung (47) übergeht, deren Durchmesser geringer  
als die Querschnittsabmessung der Kathode (5)  
oder des oder der Streckmetallbleche (4) ist, so  
daß sich seitlich der Kathode (5) und/oder des oder  
der Streckmetallbleche (4) ein freier Kathoden-  
raumabschnitt ergibt.

36. Verwendung der Elektrolysezelle nach Anspruch 1  
- 35 als Tauchzelle zur Aufarbeitung von Brauch-  
und Abwasser und anderen industriellen oxidierba-  
ren Flüssigkeiten mit einem Leitwert größer als 20  
μS/cm durch unmittelbare Ozoneinleitung in die-  
ses.

